

## IEC61850 프로세서 레벨에서의 시간 동기화를 위한 IRIG-B 프로토콜 구현에 관한 연구

김관수, 이홍희, 김병진, 박종찬  
 울산대학교 전기전자정보시스템공학부, 현대중공업, 오산대학교 전기시스템제어과

### A Study on Implementation of IRIG-B Protocol for Clock Synchronization at IEC 61850 Process Level

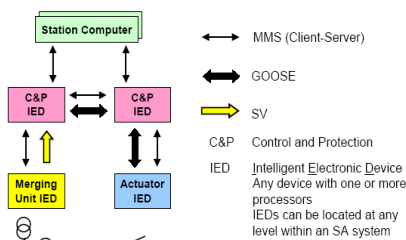
Gwan-Su Kim, Hong-Hee Lee, Byung-Jin Kim, Jong-Chan Park  
 School of Electrical Engineering, University of Ulsan, Hyundai Heavy Industry, University of Osan

**Abstract** - 현재 변전소 자동화의 국제표준으로 대두되고 있는 IEC 61850은 스테이션 버스뿐만 아니라 프로세서 버스까지도 표준화된 통신 기술을 채용하였고, 자동화에 필요한 모델을 제시하고 있다. 오늘날 변전소 내의 많은 전력기기들이 시간 동기화를 필요로 하고 있으며, 프로세서 레벨에서 동작하는 기기들의 IEC61850 통신 서비스를 수행하기 위해서는 반드시 동기화 되어야 한다. 본 연구에서는 IEC 61850 프로세서 레벨에서 정밀한 시간동기화를 구현하기에 적합한 IRIG-B 시간 동기화 프로토콜을 고찰하였다.

## 1. 서 론

최근 송배전 시스템 분야에서 종래의 인간 개입을 최소화하기 위해 통합화, 자동화 및 원격 감시화가 추진되고 있으며 이는 기존의 전기 장비들을 통신 기능을 갖는 마이크로프로세서 기반의 IED(Intelligent Electronic Devices)로 대체함으로써 가능해졌다. 단일 표준화 작업이 이루어지기 전 IED 메이커들은 IEC-870-5-110 등과 같은 다양한 프로토콜을 제공하였다. 하지만 시스템 공급업체간 통신 프로토콜이 표준화 되지 않아 변전소 자동화 설비를 교체할 때마다 전력회사는 큰 곤란을 겪어왔다. 즉, 서로 다른 통신기술의 적용에 따른 장비 간 호환성 결여로 말미암아 높은 비용을 감수할 수밖에 없는 현실이었다. 이에 따라 통신 프로토콜 표준화 필요성이 강하게 제기되었고, 1990년대 표준화 작업을 시작하여 최근 변전소 자동화용 단일 세계 표준인 IEC 61850을 UCA2.0과 유럽의 경험을 기반으로 IEC 주관 아래 개발하였다. 이러한 세계 기술 동향을 반영해 우리나라에서도 IEC 61850 기반의 중압변전소 자동화 시스템의 구축이 필요하고, 이를 통해 SCADA 보호계전 시스템의 기능(감시, 제어, 계측, 보호)을 IED에 구현함으로써, 전력운전정보를 IED내에 저장하고 상위 시스템으로 전송할 수 있게 된다.

변전소 내의 많은 전력기기들은 정확한 정보전달을 위해 클럭 동기화를 필요로 하고 있다. 그림 1과 같은 IEC 61850 통신 서비스들을 수행하기 위해서는 동기화가 필수적이다. 일반적으로 변전소 자동화 시스템에서의 시간 정밀도는 하위 계층으로 갈수록 높은 정밀도를 요구한다. 스테이션 레벨에서의 정밀도는 작업자에게 동작 시간을 알려주기 위한 수백 [ms] 정도이고, 베이 레벨에서의 시간 정밀도는 이벤트의 타임 스탬핑을 위해 1[ms]의 정밀도를 요구한다. 프로세서 레벨의 머징유닛에서는 측정된 아날로그 값의 동기화 샘플링을 위해 수 [us]의 정밀도가 필요하다. 표준 이더넷 컨트롤러에서는 약 100[us]의 클럭 정밀도를 수행할 수 있다. 그러나, 프로세서 레벨에서 아날로그 샘플링 값에 대한 동기화는 약 5[us] 정도의 정확도를 필요로 한다[1]. 시간 동기화 통신 프로토콜 중에서 IRIG-B 시간 코드 포맷은 가장 일반적으로 사용되는 시간 동기화 방법이고, 보다 정밀한 시간 동기화 방법으로는 표준 이더넷 통신을 사용하는 IEEE1588 시간 동기화 방법이 있다. IEEE1588 프로토콜은 한 노드에서 시간 동기화 메시지를 전송하고 이어서 이전 시간 메시지의 정밀한 시간을 포함하고 있는 또 다른 시간 동기화 메시지를 전송한다. 그러나, IRIG-B 시간 동기화는 추가적인 신호 없이 시간 동기화를 완료한다.



<그림 1> IEC61850 통신 서비스 종류

본 논문에서는 일반적인 시간 동기화 프로토콜 중에서 IEC61850 프로세서 레벨에 간단히 적용할 수 있는 IRIG-B 시간 동기화 프로토콜을 선정하여 VHDL 하드웨어 기술 언어를 사용하여 코드를 작성 하고 검증 및 시뮬레이션을 수행하였다.

## 2. 시간 동기화 프로토콜

### 2.1 시간 동기화

만일 모든 노드들이 정확하고 동일한 로컬시간을 가지고 동작에 대한 스케줄을 알고 있다면, 동기화는 심지어 동기화 프레임의 전송 없이도 독립적으로 일어날 수 있다. 그러나, 측정된 값을 샘플링 하여 상위 제어기로 보내는 머징유닛과 같은 노드들은 상위 제어기와 시간 동기화가 반드시 필요하다.

시간 동기화에서 요구되는 시간 정밀도는 다음과 같이 5가지 클래스로 분류할 수 있다. P1 클래스(1[ms]), P2 클래스(0.1[ms]), P3 클래스(25[us]), P4 클래스(4[us]), P5 클래스(1[us])로 분류할 수 있다.

### 2.2 IRIG 시간 동기화

최초로 1956년 IRIG(Inter Range Instrumentation Group)의 TCWG(TeleCommunication Working Group) 단체에서 시간 동기화 신호 배포를 위해 규격화된 포맷을 만드는 연구를 수행하였다. 이 연구의 결과로 규격화된 시간 코드 포맷이 IRIG 104-60 문서로 만들어 졌다. 이 규격화는 수년 동안 몇 차례 개정되어 최근에 IRIG 200-04 규격화를 개발하였다.

IRIG-B 시간 동기화 프로토콜은 GPS 위성으로부터 UTC 시간을 받아서 IRIG-B 시간 포맷으로 변환 시킨 후 각 노드들에 대한 동기화를 수행한다.

#### 2.2.1 IRIG 시간 코드

IRIG 시간 코드 포맷의 명칭은 1개의 문자와 3개의 숫자로 구성되어 있다. 각 문자와 숫자는 IRIG 코드에 대응하는 각각의 속성을 가지고 있다. 표 1은 IRIG 규격인 200-04에 정의되어 있는 규격 코드 포맷을 나타낸다. 코드 포맷의 이름은 표 2에 구성되어 있다[2].

<표 1> 규격 코드 포맷 - IRIG 규격 200-04

IRIG-A	IRIG-B	IRIG-D	IRIG-E	IRIG-G	IRIG-H
A000	B000	D001	E001	G001	H001
A003	B003	D002	E002	G002	H002
A130	B120	D111	E111	G141	H111
A132	B122	D112	E112	G142	H112
A133	B123	D121	E121		H121
		D122	E122		H122

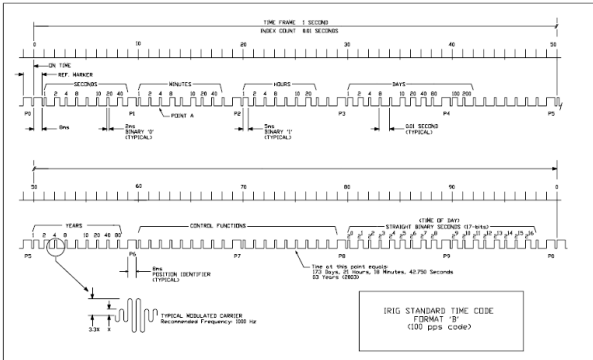
<표 2> 표준 코드 포맷 이름 - IRIG 규격 200-04

First letter: Rate Designation	A	1k PPS
	B	100 PPS
	D	1 PPM
	E	10 PPS
	G	10k PPS
1st Digit: Form Designation	0	DC level pulse width code, no carrier
	1	Sine wave carrier, amplitude modulated
2nd Digit: Carrier Resolution	0	No carrier/index counter interval
	1	100 Hz / 10ms resolution

	2	1 kHz / 1ms resolution
	3	10 kHz / 0.1ms resolution
	4	100 kHz / 0.01ms resolution
	5	1MHz / 1us resolution
3rd Digit:	0	BCD, CF, SBS
Coded Expressions	1	BCD, CF
	2	BCD
	3	BCD, SBS

### 2.2.2 IRIG-B Standard 200-04

IRIG 규격서 200-04 에 설명되어 있는 IRIG-B 규격은 가장 일반적인 시간 포맷으로 그림 2와 같은 시간 코드 포맷을 가진다[2].



<그림 2> IRIG-B Time Code Format

### 2.2.3 IRIG-B 시간 동기화 정확도

정확한 시간 동기화는 정확한 클럭 출력 신호로부터 시작된다. IRIG-B 신호는 변조 신호와 복조 신호가 있다. 복조 신호 포맷은 파지티브 펄스의 펄스 트레인으로 펄스의 크기는 5V 로서 매우 정밀한 기준 시간을 제공한다.

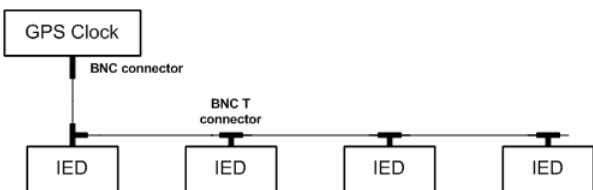
IRIG-B 시간 신호를 여러 IED에 전송하는 몇 가지 방법이 있다. 가장 일반적인 2가지 IRIG-B 신호 전송 포맷은 변조(IRIG-B1xx) 신호와 복조(IRIG-B0xx) 신호로 전송하는 방법이다. IRIG-B 변조 신호는 1[kHz] 캐리어 신호를 사용할 경우 일반적으로 1[ms]의 정밀도를 가진다. 그리고 복조 신호의 경우는 GPS 클럭 장치의 정밀도가 지원하는 경우에 나노세컨드 단위의 정밀도를 제공할 수 있다. 변조 신호가 복조 신호에 비해 비교적 정밀도가 떨어지는 원인은 하이- 및 로- 비트 상태 전이를 감지하는데 사용되는 영교차 방법으로 인한 것이다[3].

## 3. IRIG-B FPGA 구현

SEL사의 SEL-2407 GPS 위성 동기화 클럭은 IRIG-B 신호 발생 장치로서 IRIG 규격서 200-98을 따르며, IRIG-B 시간 포맷(Modulated IRIG-B12X, Unmodulated IRIG-B00X, X:0,2)을 지원한다.

구현된 IRIG-B 프로토콜은 GPS 위성 클럭 장치로부터 IRIG-B 신호를 수신하여 시간 정보를 추출하여 시간 동기화 신호로 사용한다. 그림 3과 같이 GPS 클럭 장치는 IRIG-B 신호를 모든 IED 노드에 전송하고 각 IED 노드들은 내부에 구현된 IRIG-B 프로토콜을 사용하여 IRIG-B 신호를 수신하여 시간 동기화에 필요한 시간 정보를 추출해 낸다.

본 논문에서는 SEL-2407 GPS 클럭 장치와 호환성을 맞추기 위해 IRIG 규격서 200-98에 따른 IRIG-B 프로토콜을 VHDL로 구현하였다. IRIG-B 코드를 합성하고 검증하기 위한 툴로서 Lattice 사의 ispLEVER를 사용하여 코드를 합성하고 검증 및 시뮬레이션을 수행하였다.



<그림 3> High-Accuracy IRIG-B Time Distribution Method

### 3.1 IRIG-B: VHDL 코드 구현

VHDL은 HDL의 일종으로 하드웨어를 효과적이고 정확히 기술할 목적으로 IEEE 표준으로 제정된 하드웨어 기술 언어이다. 또한 회로의 문서화 뿐만 아니라, 시뮬레이션과 합성의 목적에도 VHDL을 널리 활용하고 있다. 이러한 VHDL 언어를 사용하여 다음과 같이 IRIG-B 프로토콜을 수행하는 코드를 구현하였다.

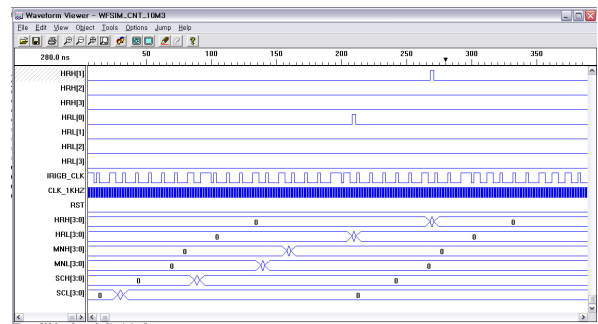
```

library IEEE; use IEEE.std_logic_1164.all;
entity IRIG-B is
port( ref_clk,irigb_clk: in ; sec,min,hr: out )
end IRIG-B
architecture RTL of IRIG-B is
begin
if rising_edge(ref_clk)
if irigb_clk = '1'
case ... is
when binary '0' => output <= '0'
when binary '1' => output <= '0'
end case
sec <= output; min <= output; hr <= output;
end RT1;

```

### 3.2 IRIG-B: 코드 시뮬레이션

VHDL로 구현된 IRIG-B 프로토콜을 ispLEVER 툴의 시뮬레이션을 사용하여 그림 4와 같이 검증하였다.



<그림 4> IRIG-B Simulation 파형

## 4. 결론

프로세서 레벨에서의 시간 동기화는 측정된 값을 샘플링 하여 전송하는 장치와 상위 장치 간에 이루어지는 것으로, 실시간 이더넷 구현이 필요한 변전소 자동화 시스템에서 시간 동기화가 반드시 필요하다. 본 논문에서는 IEC61850 프로세서 레벨에 적합한 시간 동기화 방법으로 IRIG-B 프로토콜을 사용한 방법을 제시하였다. 또한 IRIG-B 시간 동기화 프로토콜을 사용하여 실제 VHDL 기반의 FPGA를 설계하였다.

### [참고 문헌]

- [1] F. Engler, T.L. Kern, "IEC 61850 based digital communication as interface to the primary equipment", Cigre 2004 Paris, B3-205, 2004
- [2] RCC, Telecommunications and timing group, "IRIG SERIAL TIME CODE FORMATS", IRIG STANDARD 200-04
- [3] IEEE Standard C37.118-2005, "IEEE Standard for Synchrophasors for Power Systems."